



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 21/2020

Happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen hyödyntäminen metsätaloudessa

Tiina Maileena Nieminen, Timo Silver, Anton Boman, Hannu
Ilvesniemi, Samuli Joensuu ja Laura Härkönen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2020

Happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen hyödyntäminen metsätaloudessa

Tiina Maileena Nieminen, Timo Silver, Anton Boman, Hannu Ilvesniemi, Samuli Joensuu ja Laura Härkönen

TAPIO 



Viittausohje:

Nieminen, T.M., Silver, T., Boman, A., Ilvesniemi, H., Joensuu, S. & Härkönen, L. 2020. Happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen hyödyntäminen metsätaloudessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 26 s.

Tiina Maileena Nieminen, ORCID ID <http://orcid.org/0000-0001-9553-7588>



ISBN 978-952-326-938-5 (Painettu)

ISBN 978-952-326-939-2 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-939-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tiina Maileena Nieminen, Timo Silver, Anton Boman, Hannu Ilvesniemi, Samuli Joensuu ja Laura Härkönen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Timo Silver, Suomen metsäkeskus

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Tiina Maileena Nieminen¹⁾, Timo Silver²⁾, Anton Boman³⁾, Hannu Ilvesniemi¹⁾, Samuli Joensuu⁴⁾ ja Laura Härkönen⁴⁾

¹⁾ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

²⁾ Suomen metsäkeskus, Kuralankatu 2, 20540 Turku

³⁾ Geologian tutkimuskeskus, GTK Innogate, Teknologiakatu 7, 67101 Kokkola

⁴⁾ Tapio Oy, Maistraatinportti 4A, 00240 Helsinki

Maanmuokkaus ja kunnostusojitus happamilla sulfaattimailla aiheuttavat riskejä sekä metsänuudistamiselle että vesistöille. Käytännön metsätaloudessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen mahdollisuus tulee ottaa huomioon Suomen rannikkoalueilla. Haittojen ehkäisemiseksi happamien sulfaattimaiden sijainnista tarvitaan tarkkaa tietoa.

Ympäristöministeriön rahoittamassa HaSuMetsä-hankkeessa selvitettiin edellytyksiä hyödyntää Geologian tutkimuskeskuksen yleiskartoitusta happamien sulfaattimaiden esiintymisen arvioinnissa metsänuudistamisaloilla. Yhdeksältä Lounais-Suomessa sijaitsevalta metsänuudistamisalalta selvitettiin maaperänäytteiden avulla happamien sulfaattimaiden esiintymistä. Valitut metsänuudistamisalat sijaitsivat pääosiltaan GTK:n luokituksen happamien sulfaattimaiden suuren esiintymisen todennäköisyyden alueella. Yhdeksästä kohteesta kaikkiaan viidellä todettiin hapanta sulfaattimaata. Osa happamiksi sulfaattimaiksi todetuista näytteenottopisteistä sijoittui uudistamisalueen reunoille, joilla esiintymisen todennäköisyys oli GTK:n aineiston perusteella hyvin pieni.

Tämän selvityksen perusteella GTK:n yleiskartoitus antaa osviittaa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä metsänuudistamisaloilla. Esiintymisen riski on otettava huomioon myös alueilla, joilla esiintymisen todennäköisyys on GTK:n kartoituksen perusteella pieni. GTK:n kartta-aineiston hyödynnettävyyden lisäämiseksi olisi saatava lisää havaintopisteitä metsämaalta ja havaintopisteiden verkoston tulisi olla tiheämpi, jotta kartta-aineistoa voitaisiin tehokkaasti hyödyntää käytännön metsätaloudessa. Nykytilanteessa esiintymisen varmistaminen vaatii maastokäynnin ja maanäytteenottoon perustuvaa tarkempaa analysointia.

Asiasanat: happamoituminen, maanmuokkaus, metsänkäsittelyohjeet, metsänuudistaminen, rannikkoalueet, raskasmetallit, sulfaattimaat, vesistövaikutukset, yleiskartoitukset

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Aineisto ja menetelmät	7
2.1. Maanäytteiden otto ja analysointi.....	7
3. Analyysitulokset metsikkökuvioittain.....	9
3.1. Kuviot, joilta otetuissa maanäytteissä todettiin hapanta sulfaattimaata.....	9
3.1.1. Kuviot 1 ja 4, Lappi TI (Rauma)	9
3.1.2. Kuvio 5 Kalanti (Uusikaupunki).....	11
3.1.3. Kuvio 6 Rauma.....	12
3.1.4. Kuvio 8 Eurajoki.....	13
3.2. Kuviot, joilta otetuissa maanäytteissä ei todettu hapanta sulfaattimaata.....	15
3.2.1. Kuviot 2 ja 3 (Lappi TI)	15
3.2.2. Kuvio 7 (Rauma)	17
3.2.3. Kuviot 9 ja 10 (Eura)	19
4. Tulosten tarkastelu.....	21
5. Viitteet.....	24

1. Johdanto

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan maaperää, joka sisältää sellaisessa määrin sulfidimateriaalia, että maan pH on laskenut tai voi laskea alle arvon 4 sulfidien hapettumisen ja rikkihapon muodostumisen seurauksena (Pons 1973). Tällaista sulfidimateriaalia kutsutaan myös hypersulfidimateriaaliksi. Vastaavasti sulfidimateriaalia, joka ei pysty alentamaan maan pH-arvoa alle diagnostisen pH-ajan 4, kutsutaan hyposulfidimateriaaliksi (Boman ym. 2018). Jotta sulfidien hapettumisesta aiheutuva pH:n lasku voitaisiin erottaa orgaanisista hapoista aiheutuvasta happamuudesta, orgaanisten maa-aineisten, kuten turpeen, pH:n on laskettava hapettumisen yhteydessä alle arvon 3 (Boman ym. 2018).

Peltoviljelyssä olevilta, tehokkaan salaojakuivatuksen alaisilta happamilta sulfaattimailta huuhtoutuva hapan ja metallipitoinen vesi heikentää vesistöjen tilaa Suomen rannikkoalueilla (Roos & Åström 2006, Vuori ym. 2009). Metsätalouden vesistöille aiheuttamat haitat happamilla sulfaattimailta ovat huomattavasti tunnettuja, mutta avo-ojien heikomman kuivatustehon vuoksi metsäojitetuilta alueilta tulevan huuhtouman arvioidaan olevan yleensä vain lievästi tai ei lainkaan happamoitunutta (maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö 2018). Rikkipitoisten maakerrosten hapettuminen ja siitä aiheutuva happamoituminen on metsissä paljon vähäisempää, kuin syvälle kuivatetuissa maatalousmaissa. Maata rikkovat metsänhoitotoimenpiteet, kuten ojien kunnostaminen ja metsänuudistamiseen liittyvä maanmuokkaus voivat kuitenkin muuttaa tilanteen nopeasti ja saada aikaan hyvinkin voimakasta happamoitumista, mikäli kaivussyvyys ulottuu runsasrikkisiin maakerroksiin. Metsämaan lähes luonnontilassa olevan runsasrikkisen maakerroksen potentiaalinen hapontuottokyky on paljon suurempi, kuin jo pitkään huuhtoutumiselle alttiina olleen vastaavan peltomaakerroksen, jonka rikkipitoisuus on huuhtoutumisen seurauksena ehtinyt jo pienentyä.

Vesistöhaittojen ennaltaehkäisy edellyttää tavanomaista tarkemman maaperätiedon hankkimista silloin, kun toimitaan alueilla, joilla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on kohdallinen tai suuri. Metsänuudistamisen yhteydessä maaperän voimakas happamoituminen ja metallien liukeneminen voivat vesistöhaittojen ohella aiheuttaa myös vakavia kasvuhäiriöitä taimille. Haittojen ehkäisemiseksi on tärkeä paikallistaa mahdollisten ongelmien aiheuttavien maakerrosten tarkka sijainti. Runsaasti rikkiä sisältävien maakerrosten sijainti tulee huomioida, kun kohteella tehtäviä metsänhoitotoimenpiteitä suunnitellaan ja toteutetaan. Maata rikkovia toimenpiteitä, kuten ojien kunnostusta ja maanmuokkausta, sekä toisaalta myös syviä vesiensuojelurakenteita tulisi välttää. Toimenpiteet tulisi toteuttaa siten, ettei maan kaivussyvyys ulotu runsasrikkisiin turpeen alapuolisiin kerrostumiin.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on kehittänyt Suomen oloihin sulfidirikkikerroksen esiintymisen alkamissyvyyteen perustuvan riskiluokituksen (taulukko 1). Metsätalouden suhteen voidaan arvioida, että luokkiin 1 ja 2 kuuluvat maat aiheuttavat merkittävimmän riskin, sillä metsätaloustoimenpiteistä aiheutuvat maankaivut eivät syviä vesiensuojelurakenteita lukuun ottamatta yleensä ulotu 1,5 metriä syvemmälle.

Avoimessa Happamat sulfaattimaat -karttapalvelussa on saatavissa GTK:n tuottamaa yleiskartoitustietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja ominaisuuksista koko Suomen rannikkoalueella muinaisen Litorinameren korkeimpaan rantatasoon saakka. Palvelussa on mahdollista tarkastella aluemaista tietoa happamien sulfaattimaiden todennäköisestä esiintymisestä ja pistemäistä tietoa kairaus- ja analyysituloksista. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys esitetään sekä 1:1 000 000 (mallinnettuna) että 1: 250 000 mittakaavaisina tasoina. 1: 250 000 mittakaavainen karttataso on tuotettu tulkitsemalla GTK:n maaperä- ja lentogeofysikaalisia aineistoja, Maanmittauslaitoksen pohjakartta- ja korkeusaineistoja sekä GTK:n tekemiä valuma-aluekohtaisia maastokartoituksia. Karttapalvelussa esitettävät havaintopisteet ovat kairauspisteitä, jotka on luokiteltu kartoitus- tai

tutkimuspisteiksi. Kartoituspisteiden osalta esitetään vain happamien sulfaattimaiden esiintyminen. Tutkimuspisteissä on esitetty puolestaan mm. leikkauskuva maaperäprofiilista sekä pH -ja laboratorioanalyysien tuloksia. Aineistoa päivitetään valuma-alueittain kartoitustyön edistyessä. Koko Suomen rannikkoalueen kattavan kartan on tarkoitus valmistua vuoden 2020 loppuun mennessä (GTK 2019).

Taulukko 1. Geologian tutkimuskeskuksen sulfidirikkipölyn alkamissyvyyteen (metriä maanpinnasta) perustuvan riskiluokituksen luokat ja luokitusperusteet.

Luokka	Luokitusperuste
1	Alkamissyvyys on välillä 0–0,1 m
2	Alkamissyvyys on välillä 0,1–1,5 m
3	Alkamissyvyys on välillä 1,5–2,0 m
4	Alkamissyvyys on välillä 2,0–3,0 m
5	Sulfidi on täysin hapettunut
6	Ei sulfidia

Tämän raportin selvitys on toteutettu osana HaSuMetsä-hanketta, joka toteutetaan vuosien 2018–2020 aikana. Hanke kuuluu Vesien- ja merenhoidon kärkihankkeisiin. Ympäristöministeriö rahoittaa HaSuMetsä-hanketta 240 000 eurolla. Tämän selvityksen tavoitteena on testata Lounais-Suomen alueella GTK:n happamat sulfaattimaat yleiskartoituksen soveltuvuutta käytännön metsätalouden tasolla. Aineistoksi valittiin GTK:n kartta-aineiston suuren esiintymisen todennäköisyyden alueilla olevista metsiköistä 10 sellaista, joista oli tehty metsänkäyttöilmoitus vuosina 2016–2018. Kaikilla valituilla kohteilla oli tehty uudistamishakkuu. Happaman sulfaattimaan todellinen esiintyminen näiden metsänuudistamisalojen maaperässä selvitettiin 40 cm syvyyteen asti otettujen maanäytteiden perusteella.

2. Aineisto ja menetelmät

Hankkeessa selvitettiin Lounais-Suomessa sijaitsevilta metsänuudistamisaloilta otettujen maanäytteiden analyysien avulla happamien sulfaattimaiden esiintymistä. Kohteet valikoituivat vuosina 2016–2018 metsäkeskukseen tulleiden metsänkäyttöilmoitusten perusteella. Kaikilla näillä uudistamisaloilla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys oli GTK:n happamat sulfaattimaat kartta-aineiston (1:250 000) perusteella vähintään osassa uudistamisalaa suuri.

Kaikkiaan tällaisia metsänuudistamisaloja oli Lounais-Suomen alueella 10 kappaletta. Näistä metsänuudistamisaloista käytetään jatkossa myös nimitystä kuvio. Kuvio on metsätaloudessa käytetty ilmaisu, jolla tarkoitetaan kasvupaikaltaan ja puustoltaan yhtenäistä aluetta. Tutkittujen kuvioiden sijaintikunnat olivat Eura, Eurajoki, Uusikaupunki (Kalanti) ja Rauma (Lappi TI) (Liite 1). Kuvioiden korkeusasema vaihteli välillä 3–50 m merenpinnan yläpuolella. GTK:n aineisto on tarkoitettu ainoastaan pienimittakaavaiseen tarkasteluun. Tässä raportissa aineiston kuviokohtaisen hyödyntämisen edellytyksiä on kuitenkin tarkasteltu myös suuremmassa, 1:10 000 mittakaavassa.

2.1. Maanäytteiden otto ja analysointi

Maanäytteet otettiin yhdeksältä metsänuudistamisalalta 16.10.–1.11.2018 välisenä aikana. Kymmenenneltä, rapakivestä ja kalliosta koostuvalta uudistamiskuviolta ei onnistuttu saamaan maanäytettä sen ohuen maaperän vuoksi.

Maanäytteet kairattiin satunnaisesti valituista 1–3 kohdasta eri puolilta uudistamiskuviota. Kairaus ulottui noin 40 cm syvyyteen. Syvyys mitattiin turvemaakuvioilla elävän rahkasammalkerroksen ja kangasmaakuvioilla humuskerroksen alta lähtien. Kairaus kohdennettiin muokkaamattomiin kohtiin niilläkin kuvioilla, joilla oli tehty maanmuokkaus. Jos alue oli ojitettu, vältettiin ojien välitöntä läheisyyttä. Osalla kuvioista otettiin kuitenkin lisäksi näytteitä myös ojien pohjasta ja kuviolla 8 otettiin ojan läheisyydestä näyte turpeen alaisesta kivennäismaasta. Ojista otetut kairausnäytteet ulottuivat noin 10 tai 20 cm syvyyteen ojan pohjasta. Tulostaulukoissa syvyys ilmoitetaan maanpinnasta mitattuina syvyyksinä. Näytteenottovälineenä oli T-kaira, jonka lieriön muotoisen näytetilan halkaisija oli noin 2,2 cm. Näytteet kairattiin 10 cm pätkinä: 0–10 cm; 10–20 cm; 20–30 cm ja 30–40 cm. Näytteet suljettiin ilmatiiviisiin minigrip-pusseihin siten, ettei niihin jäänyt ilmaa.

Maanäytteet toimitettiin muutaman vuorokauden kuluessa laboratorioon, missä niiden pH mitattiin välittömästi. Näitä 14.11.2018 tehtyjä mittauksia käytettiin likiarvona maasto-pH:lle, sillä tiiviisiin pusseihin suljetuissa maanäytteissä tapahtuneen muutoksen oletetaan olevan hyvin vähäistä. Mittauksessa käytettiin maastomittauksiin soveltuvaa pH-mittaria (VWR pH10 Pen), jolla pH voidaan mitata kenttäkosteudessa olevasta näytteestä. Tämän jälkeen inkuboitiin noin senttimetrin paksuisia näytteitä huonelämpötilassa 16 viikkoa huolehtien varovaisen kostutuksen (deionisoitu vesi) avulla siitä, että näytteiden kosteus säilyi kenttäkapasiteettia vastaavalla tasolla. Inkubaatiojakson päätyessä 19.3.2019 näytteiden pH-arvot mitattiin vastaavalla tavalla kuin ennen inkubointia.

Edellä kuvattu pH-inkubaatiomenetelmä on yleisin ja luotettavin tällä hetkellä käytössä olevista happaman sulfaattimaan tunnistamismenetelmistä (Hadzic ym. 2014; Creeper ym. 2012; Edén ym. 2012). Menetelmän mukaisesti maaperänäyte todetaan happamaksi sulfaattimaaksi ja siinä todetaan esiintyvän sulfideja, mikäli sen pH laskee arvoon 4 tai sen alle, ja pH-muutoksen suuruus on vähintään 0,5 yksikköä. Turpeita tutkittaessa tulee ottaa huomioon humus- ja fulvohappojen runsaudesta aiheutuva happamuus, minkä vuoksi turvenäytteen kohdalla pH:n tulee laskea alle arvon 3. Mikäli kivennäismaanäytteen pH on jo maastotilanteessa ennen inkubointia alle arvon 4, tai turvemaanäytteen alle 3, näyte luokitellaan happamaksi sulfaattimaaksi (Boman ym. 2018).

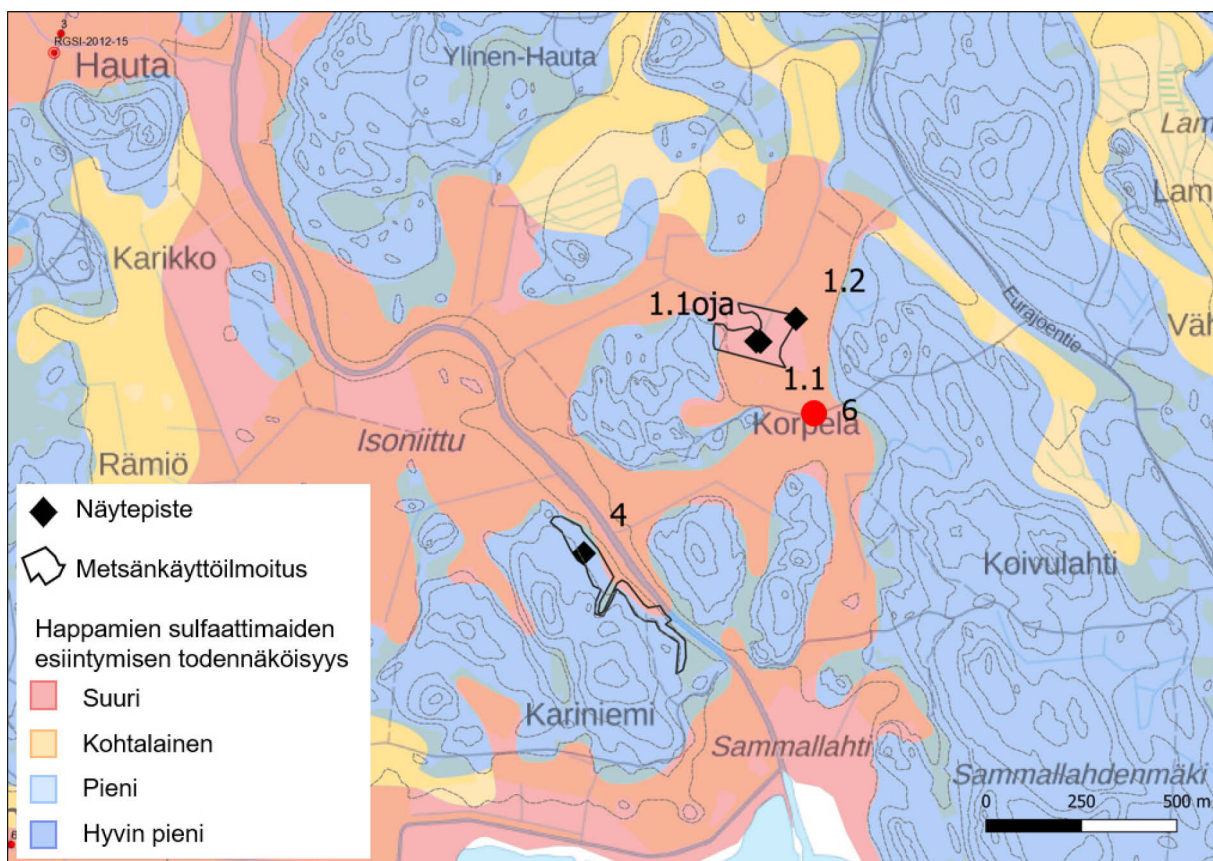
Maanäytteistä määritettiin lisäksi kokonaisrikkipitoisuus kuningasvesiuutolla ja ICP-AES monialkuainemäärityksellä. Happaman sulfaattimaan hapettumattoman sulfidirikkipitoisen kerroksen kokonaisrikkipitoisuus on yleensä vähintään 0,2 % hienorakeisen maanäytteen kuivapainosta. Myös karkearakeiset maaperäkerrokset voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta, jos niiden sulfidirikkipitoisuus on suurempi kuin 0,01 % (Edén ym. 2012). Karkearakeisissa happamissa sulfaattimaamateriaaleissa muodostunut happamuus on kuitenkin yleensä paljon alhaisempi (noin 10–100 kertaa) verrattuna hienorakeisiin happamiin sulfaattimaamateriaaleihin (Mattbäck ym. 2017).

3. Analyysitulokset metsikkökuvioittain

3.1. Kuviot, joilta otetuissa maanäytteissä todettiin hapanta sulfaattimaata

3.1.1. Kuviot 1 ja 4, Lappi TI (Rauma)

Kuvio 1 sijoittui GTK:n happamat sulfaattimaat -aineiston perusteella lähes kokonaisuudessaan alueelle, jolla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on suuri (Kuva 1). Lähin happaman sulfaattimaan GTK:n kartoituspiste oli pellolla noin 200 m kuviolta 1 kaakkoon ja sen korkeusasema oli noin 17,5 m. Kuvion 1 korkeusasema oli noin 18 m. Kuvio oli 1,8 ha laajuinen, peltojen keskellä sijaitseva ohutturpeinen ruoho- tai mustikkaturvekangas (Rhtkg – Mtkg). Kuvio oli hakattu aukeaksi vuonna 2017 ja istutettu kuuselle laikkumätästykseenä. Mätästyskuoppien syvyys oli noin 30 cm. Kuvion keskellä oli perattu noin 1,0 m syvyinen ojasto.



Kuva 1. Lappi TI:n kuvioiden 1 ja 4 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähimmässä GTK:n kartoituspisteessä on todettu hapanta sulfaattimaata (kartalla punainen piste 6, alkamissyvyys ei tiedossa). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Kuviolla 1 oli kolme näytepistettä, joista kaksi kivennäismaaprofiilia todettiin happamaksi sulfaattimaaksi (taulukko 2, kuva 2a-b). Kuvion keskellä olevaa pintamaanäytettä 1.1 ei todettu happamaksi sulfaattimaaksi. Näytepisteen 1.1 kairaus ei kuitenkaan ulottunut kivennäismaahan, joten happaman sulfaattimaan mahdollisesta esiintymisestä turpeen alla ei saatu tietoa.

Näytepisteen 1.1 välittömässä läheisyydessä, noin 10 m etäisyydellä olevasta näytepisteestä 1.1oja saatiin sekä ojan pohjasta (ojan syvyys 1,0 m maanpinnan 0-tasosta mitattuna) että ojan reunasta heti turpeen alta 50–60 cm syvyydestä näytteet, jotka osoittautuivat happamaksi sulfaattimaaksi luokittelurajan alittavan alhaisen maasto-pH-arvon perusteella. Kuvion pohjoisreunassa oleva näytepiste 1.2, jossa turpeen paksuus oli vain 5–10 cm, oli jo happamoitunutta hapanta sulfaattimaata 0–40 cm syvyydessä. Näytepisteiden 1.1 ja 1.2 etäisyys oli noin 120 m.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys kuviolla 4 oli osittain suuri, osittain hyvin pieni (Kuva 1). Kuvion 4 pintamaanäyte (0–10 cm) osui hyvin pienen esiintymisen todennäköisyysalueelle, mutta osoittautui rajatapaukseksi happaman sulfaattimaan määrittelyn suhteen (taulukko 2). Inkuboinnin aikaisen 0,5 -yksikön suuruisen pH-muutoksen seurauksena pH pieneni arvoon 4, joten näyte luokiteltiin happamaksi sulfaattimaaksi. Kuvion 4 korkeusasema vaihteli välillä 18–20 m. Met-sikkökuvioiden maalaji oli hiesusavea.

Taulukko 2. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Lappi TI (kuvio 1 ja 4). Tummennettuina on merkittävät näytteet, joissa on tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana $\geq 0,5$ yksikön pH:n pieneneminen (pH-erotus), tai joissa alkutilanteen pH (pH₀) täyttää happaman sulfaattimaan luokituksen rajan. Oranssilla huutomerkillä on merkitty happamaksi sulfaattimaaksi luokitellut näytteet. pH₁₆ on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; pH_erotus = pH₀ - pH₁₆

Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH ₀	pH ₁₆	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Lappi TI 1	1.1	0-10	3,20	3,29	-0,09	0,16	Turve
Lappi TI 1	1.1	10-20	3,35	3,29	0,06	0,24	Turve
Lappi TI 1	1.1	20-30	3,10	3,23	-0,13	0,25	Turve
Lappi TI 1	1.1	30-40	3,32	3,28	0,04	0,52	Turve
Lappi TI 1 !	oja 1.1	50-60	3,50	3,42	0,08	0,32	Hs-savi
Lappi TI 1 !	oja 1.1	60-70	3,50	3,42	0,08	0,30	Hs-Savi
Lappi TI 1 !	oja 1.1	100-110	3,42	3,28	0,14	0,38	Hs-Savi
Lappi TI 1 !	1.2	0-10	3,79	3,40	0,39	0,24	Hs-Savi
Lappi TI 1 !	1.2	10-20	3,85	3,47	0,38	0,15	Hs-Savi
Lappi TI 1 !	1.2	20-30	3,89	3,55	0,34	0,21	Hs-Savi
Lappi TI 1 !	1.2	30-40	3,53	3,30	0,23	0,30	Hs-Savi
Lappi TI 4 !	4.1	0-10	4,47	4,00	0,47	0,02	Hs-Savi
Lappi TI 4	4.1	10-20	4,89	4,13	0,76	0,02	Hs-Savi
Lappi TI 4	4.1	20-30	4,90	4,54	0,36	0,01	Hs-Savi
Lappi TI 4	4.1	30-40	4,89	4,70	0,19	0,01	Hs-Savi

a)



b)

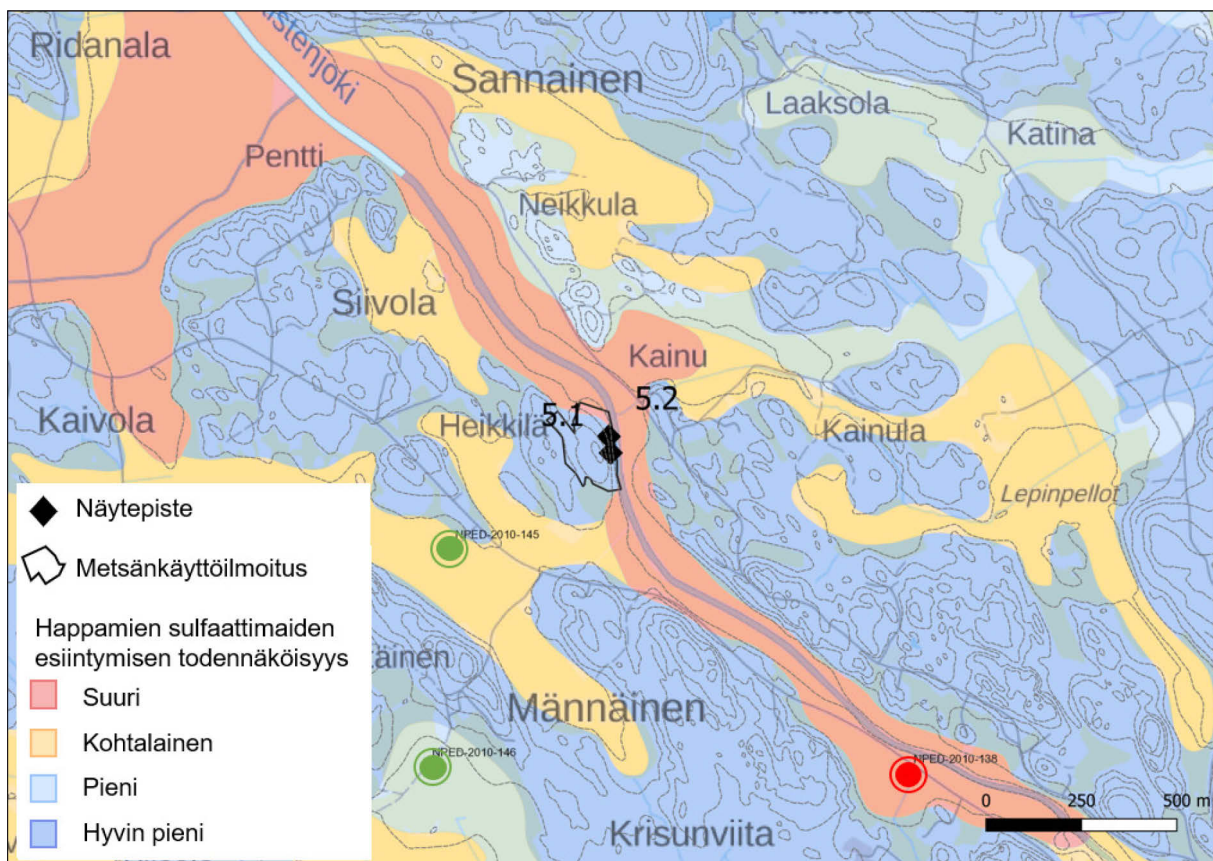


Kuva 2. Kuviolla 1 (Lappi TI) todettiin hapanta sulfaattimaata ojan pohjassa (a). Ojan pohjamaata on kasattu istutusmättäiksi (b). Kuvat: Timo Silver, Suomen metsäkeskus.

3.1.2. Kuvio 5 Kalanti (Uusikaupunki)

Kalannin kuvio 5 sijaitsi Sirppujoen varrella. Sirppujoen peltoalueet on todettu laajalti happamiksi sulfaattimaiksi (Palko ym. 1985). Kuvio 5 oli Sirppujoen ja kallioalueen välissä oleva kapea OMT-kuvio (lehtomainen kangas), jonka pinta-ala oli noin 0,25 ha. Kuvio 5 oli päätehakattu ja uudistettu istuttamalla koivua laikkumätästytksen jälkeen. Laikkumätästys ulottui noin 30 cm syvyyteen. Maalaji kuviol-la oli hiesusavi.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys kuviolla 5 oli osittain suuri, osittain hyvin pieni (kuva 3). Lähin happaman sulfaattimaan GTK:n tutkimuspiste (sulfidikerroksen alkamissyvyys yli 1,0–1,5 m) oli Sirppujoen varrella pellolla, noin 1 150 m kaakkoon kuviolta 5, korkeusasemassa noin 3 m. Kuvion 5 korkeusasema oli myös noin 3 m. Kuviota 5 lähin GTK:n ei-happaman sulfaattimaan kartoituspiste oli noin 540 m lounaaseen pellolla korkeusasemassa noin 5 m.



Kuva 3. Kalannin kuvion 5 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähimmässä, n. 450 m etäisyydellä sijaitsevassa GTK:n kairauspisteessä (kartalla vihreä piste NPED-2010-145) ei ole todettu hapanta sulfaattimaata. Etäisyys lähimpään GTK:n tutkimuspisteeseen, jossa on todettu hapanta sulfaattimaata (kartalla punainen piste NPED-2010-138, alkamissyvyys >1,0–1,5 m) on noin 1150 m. Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019), GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Kuviolla 5 oli lähekkäin (etäisyys noin 50 m) kaksi maanäytepistettä 5.1 ja 5.2, joista toinen täytti happaman sulfaattimaan kriteerit (taulukko 3, kuva 4). Hapanta sulfaattimaata oli maanäytepisteessä 5.2 syvyydellä 0–20 cm. Alle arvon 4 mitatut alkutilanteen pH:t viittaavat siihen, että lievää happamoitumista oli paikoittain tapahtunut kuviolla jo laikkumätästytksen seurauksena. Sirppujoen läheisyys 8–10 metrin etäisyydellä näytepisteistä voimistaa haitallisten vesistövaikutusten riskiä.

Taulukko 3. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Kalanti (kuvio 5). Tummennettuina on merkitty ne näytteet, joissa on tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana $\geq 0,5$ yksikön pH:n pieneneminen (pH-erotus), tai joissa alkutilanteen pH (pH_0) täyttää happaman sulfaattimaan luokituksen rajan. Oranssilla huutomerkillä on merkitty happamaksi sulfaattimaaksi luokitellut näytteet. pH_{16} on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; $pH_erotus = pH_0 - pH_{16}$

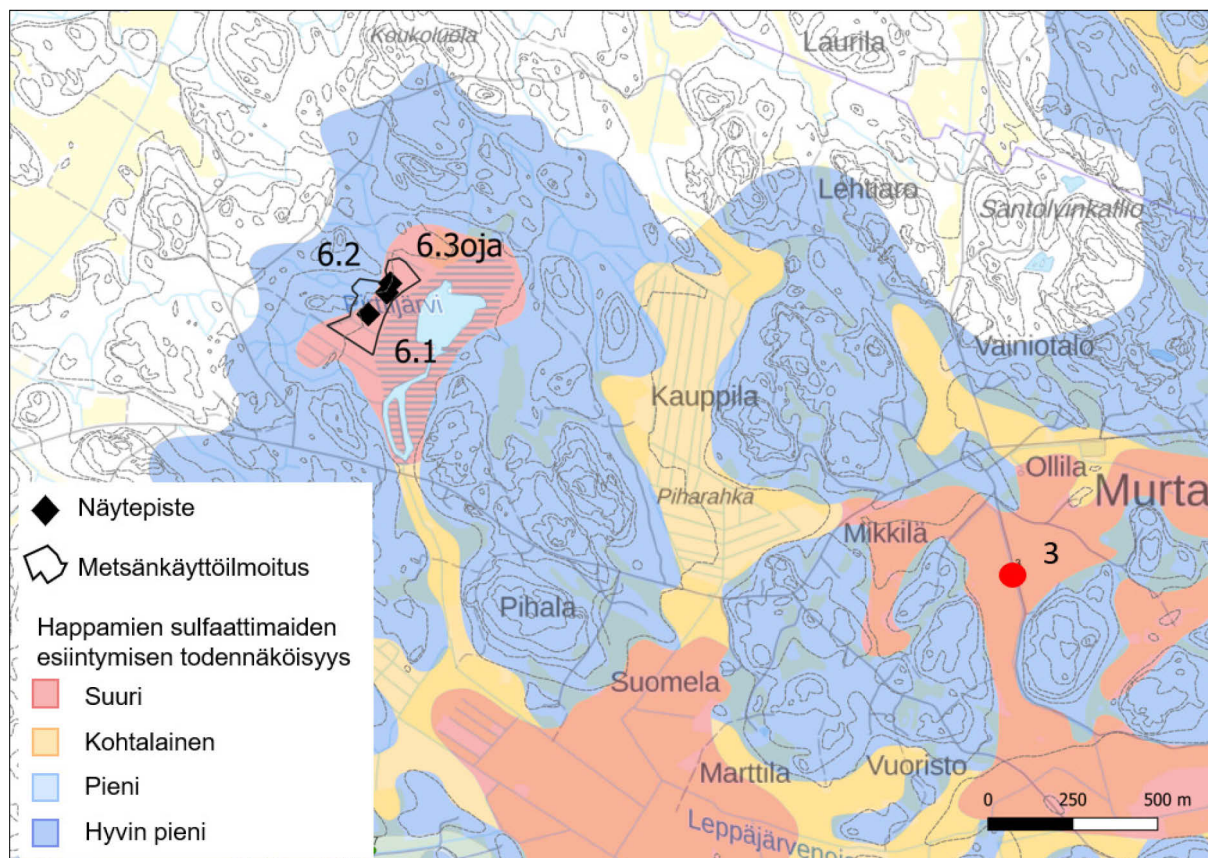
Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH_0	pH_{16}	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Kalanti 5	5.1	0-10	4,02	3,78	0,24	0,11	Hs-Savi
Kalanti 5	5.1	10-20	4,16	3,76	0,40	0,08	Hs-Savi
Kalanti 5	5.1	20-30	4,22	3,79	0,43	0,07	Hs-Savi
Kalanti 5	5.1	30-40	4,21	3,95	0,26	0,07	Hs-Savi
Kalanti 5 !	5.2	0-10	4,10	3,27	0,83	0,20	Hs-Savi
Kalanti 5 !	5.2	10-20	3,97	3,47	0,50	0,09	Hs-Savi
Kalanti 5 !	5.2	20-30	3,85	3,55	0,30	0,08	Hs-Savi
Kalanti 5 !	5.2	30-40	3,64	3,87	-0,23	0,05	Hs-Savi



Kuva 4. Kuviolla 5 (Kalanti) todettiin hapanta sulfaattimaata. Kalannin kuvio sijaitsee noin 10 m metrin etäisyydellä Sirppujoesta. Kuva: Timo Silver, Suomen metsäkeskus.

3.1.3. Kuvio 6 Rauma

Rauman kuvio 6 oli paksuturpeista rehevää turvekangasta (Mustikkaturvekangas II - Ruohoturvekangas II). Kuvio 6 sijaitsi GTK:n aineiston perusteella alueella, jolla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on osittain suuri ja osittain hyvin pieni (kuva 5). Kuvio oli laikkumätästetty noin 30 cm syvyyteen ulottuen ja istutettu kuuselle. Ojastoa ei ollut perattu. Taimissa oli pahoja hallavaurioita. Turvenäytteiden lisäksi kuvion läpi johdetun noin 1,5 metriä syvän laskuojan pohjasta otettiin hiesusavesta koostuva maanäyte. Turpeen paksuus ojan kohdalla oli noin 1,4 metriä. Kuvion 6 korkeusasema oli noin 20 m. Etäisyys lähimpään GTK:n happaman sulfaattimaan kartoituspisteeseen oli noin 2000 m kaakkoon. Pellolla sijaitsevan kartoituspisteen korkeusasema oli noin 20 m.



Kuva 5. Rauman kuvion 6 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähin GTK:n kartoituspiste, jossa on todettu hapanta sulfaattimaata, sijaitsi noin 2000 m etäisyydellä kuviolta kaakkoon (kartalla punainen piste 3, alkamissyvyys >1,5–2,0 m). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

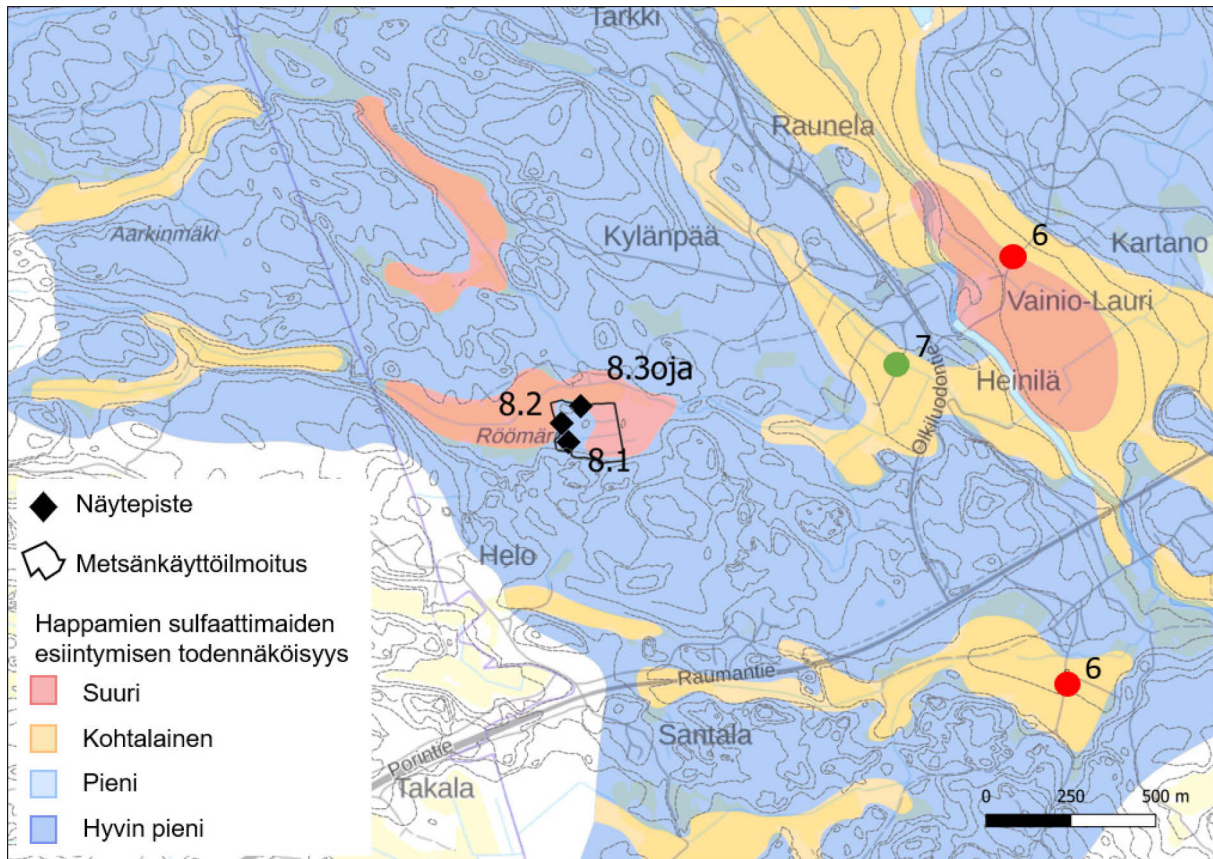
Taulukko 4. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Rauma (kuvio 6). Tummennettuina on merkitty ne näytteet, joissa on tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana $\geq 0,5$ yksikön pH:n pieneneminen (pH-erotus), tai joissa alkutilanteen pH (pH₀) täyttää happaman sulfaattimaan luokituksen rajan. Oranssilla huutomerkillä on merkitty happamaksi sulfaattimaaksi luokitellut näytteet. pH₁₆ on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; pH_erotus = pH₀ - pH₁₆

Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH ₀	pH ₁₆	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Rauma 6	6.1	0-10	2,96	3,14	-0,18	0,18	Turve
Rauma 6	6.1	10-20	3,05	3,18	-0,13	0,17	Turve
Rauma 6	6.1	20-30	3,02	3,15	-0,13	0,20	Turve
Rauma 6	6.1	30-40	3,15	3,15	0,00	0,18	Turve
Rauma 6	6.2	0-10	3,04	3,04	0,00	0,22	Turve
Rauma 6	6.2	10-20	3,04	3,15	-0,11	0,21	Turve
Rauma 6	6.2	20-30	3,47	3,12	0,35	0,21	Turve
Rauma 6	6.2	30-40	3,63	3,30	0,33	0,28	Turve
Rauma 6	oja 6.3	150-160	7,07	6,61	0,46	0,01	Hs-Savi

3.1.4. Kuvio 8 Eurajoki

Eurajoen kuvio 8 oli paksuturpeista (turvetta 0,8–1,0 m), rehevää mustikka- tai ruohoturvekangasta (Mtkg II – Rhtkg II). Eurajoen kuvio sijaitsi alueella, jolla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on GTK:n aineiston perusteella osittain suuri ja osittain hyvin pieni (kuva 6). Kuvion 8 korkeusasema oli noin 15 m. Kuviolla ei ollut tehty maanpinnan käsittelyä eikä ojien perkausta.

Kuvion 8 turpeesta otetut näytteet eivät olleet hapanta sulfaattimaata. Sen sijaan kuvion reunaosan kohdalla (näytetunnus 8.3oja), jossa turvetta oli noin 30 cm, oli hapanta sulfaattimaata turpeen alla (taulukko 5). Maanäyte otettiin reunaosan pohjasta 70–80 cm syvyydestä ja toinen näyte noin 5 metrin etäisyydellä reunaojasta, turpeen alta 30–40 cm syvyydestä. Pohjamaalaji oli hiesusavi. Molemmat hiesusavinäytteet osoittautuivat alhaisen maasto-pH-arvon perusteella happamaksi sulfaattimaaksi.



Kuva 6. Eurajoen kuvion 8 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähin GTK:n kartoituspiste, jossa on todettu hapanta sulfaattimaata, sijaitsi n. 1300 m etäisyydellä kuviolta koillisessa (kartalla punainen piste 6, alkamissyvyys ei tiedossa). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Hapamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Kuvion 8 turpeesta otetut näytteet eivät olleet hapanta sulfaattimaata. Sen sijaan kuvion reunaosan kohdalla (näytetunnus 8.3oja), jossa turvetta oli noin 30 cm, oli hapanta sulfaattimaata turpeen alla (taulukko 5). Maanäyte otettiin reunaosan pohjasta 70–80 cm syvyydestä ja toinen näyte noin 5 metrin etäisyydellä reunaojasta, turpeen alta 30–40 cm syvyydestä. Pohjamaalaji oli hiesusavi. Molemmat hiesusavinäytteet osoittautuivat alhaisen maasto-pH-arvon perusteella happamaksi sulfaattimaaksi.

Taulukko 5. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Eurajoki (kuvio 8). Tummennettuina on merkitty ne näytteet, joissa on tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana $\geq 0,5$ yksikön pH:n pieneneminen (pH-erotus), tai joissa alkutilanteen pH (pH₀) täyttää happaman sulfaattimaan luokituksen rajan. Oranssilla huutomerkillä on merkitty happamaksi sulfaattimaaksi luokitellut näytteet. pH₁₆ on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; pH_erotus = pH₀ - pH₁₆

Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH ₀	pH ₁₆	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Eurajoki 8	8.1	0-10	3,38	3,52	-0,14	0,28	Turve
Eurajoki 8	8.1	10-20	3,35	3,50	-0,15	0,33	Turve
Eurajoki 8	8.1	20-30	3,69	3,68	0,01	0,40	Turve
Eurajoki 8	8.1	30-40	3,56	3,52	0,04	0,59	Turve
Eurajoki 8	8.2	0-10	3,33	3,20	0,13	0,27	Turve
Eurajoki 8	8.2	10-20	3,45	3,26	0,19	0,33	Turve
Eurajoki 8	8.2	20-30	3,49	3,40	0,09	0,42	Turve
Eurajoki 8	8.2	30-40	3,44	3,42	0,02	0,50	Turve
Eurajoki 8 !	* 8.3	30-40	3,72	3,57	0,15	0,17	Hs-Sa-T
Eurajoki 8 !	oja 8.3	70-80	3,46	3,26	0,20	0,27	Hs-Sa-T

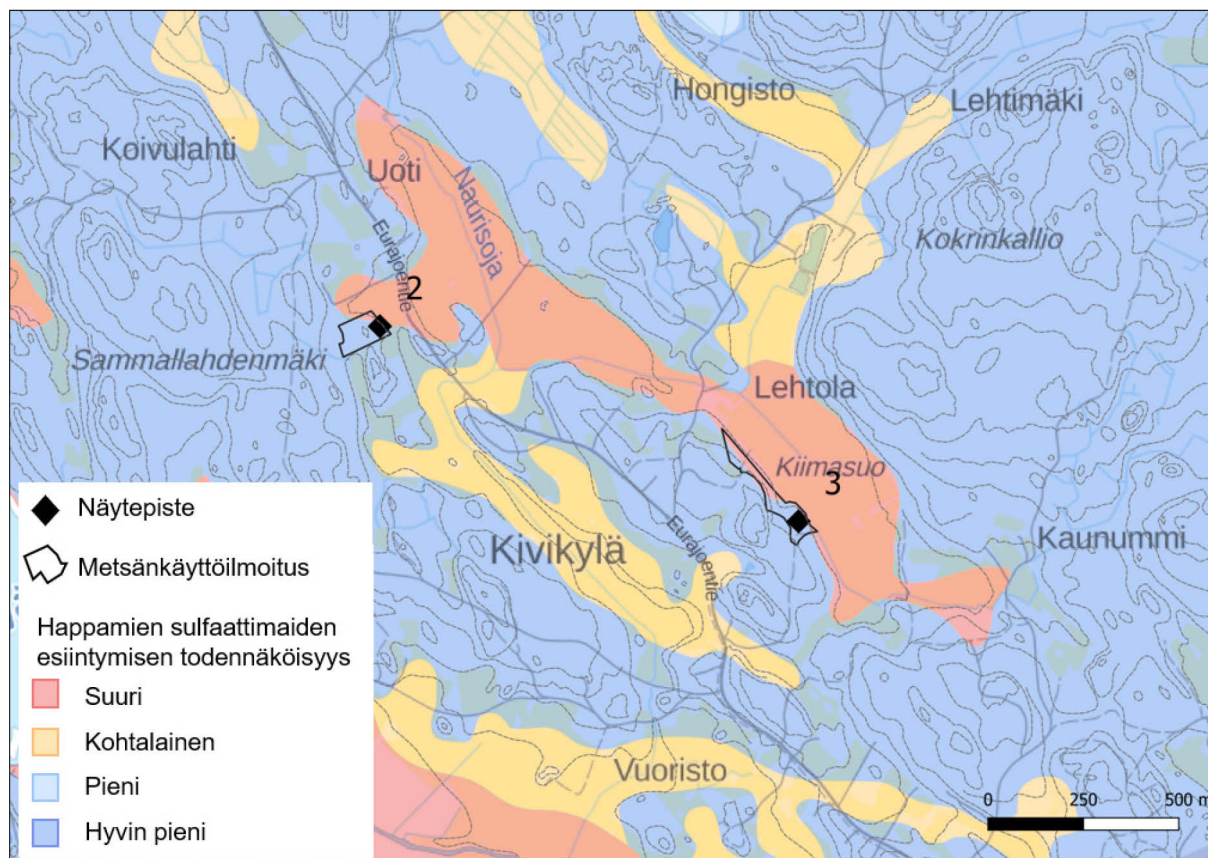
* etäisyys ojaan 5 m

3.2. Kuviot, joilta otetuissa maanäytteissä ei todettu hapanta sulfaattimaata

3.2.1. Kuviot 2 ja 3 Lappi TI

Lappi TI:n kuviot 2 ja 3 olivat peltoon rajautuvaa kivennäismaata, joiden maalaji oli hienohietasavea. Kuviot sijaitsivat GTK:n aineiston perusteella alueella, jolla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on osittain suuri ja osittain hyvin pieni (kuva 7). Kuviot oli hakattu siemenpuuasentoon. Näytteet otettiin kuvioiden laikutetuilta osa-aloilta, pääosa kuviosta oli avokalliolla tai ohuen kivennäismaakerroksen peittämää kalliota. Kuvioiden korkeusasema oli 18–30 metriä. Kuviolta 2 etäisyys lähimpään GTK:n happaman sulfaattimaan pellolla luoteessa sijaitsevaan kartoituspisteeseen oli n. 1 400 m ja kuviolta 3 n. 2 600 m.

Kuvion Lappi TI näytepisteissä 2 ja 3 ei todettu hapanta sulfaattimaata (taulukko 6, kuva 8). Näytepisteen 2, syvyyksien 20–40 cm pH laski inkubaatiossa n. 0,5 yksikköä. Näytettä ei kuitenkaan luokiteltu happamaksi sulfaattimaaksi, sillä pH ei laskenut alle arvon 4.



Kuva 7. Lappi TI:n kuvioiden 2 ja 3 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähin GTK:n kartoituspiste, jossa on todettu hapanta sulfaattimaata, sijaitsi n. 1400 m etäisyydellä kuviolta 2 luoteessa (ei kartalla). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Taulukko 6. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Lappi TI (kuviot 2-3). Kohteiden maanäytteissä ei tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana 0,5 yksikön ylittävää pH:n laskua, eikä alkutilanteen pH (pH_0) täyttänyt happaman sulfaattimaan luokituksen rajaa. pH_{16} on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; $pH_{erotus} = pH_0 - pH_{16}$

Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH_0	pH_{16}	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Lappi TI 2	2	0-10	4,50	4,10	0,40	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 2	2	10-20	4,49	4,90	-0,41	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 2	2	20-30	5,00	4,36	0,64	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 2	2	30-40	4,70	4,21	0,49	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 3	3	0-10	4,60	4,65	-0,05	0,02	Hiet-Hs
Lappi TI 3	3	10-20	4,79	4,55	0,24	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 3	3	20-30	4,80	4,47	0,33	0,01	Hiet-Hs
Lappi TI 3	3	30-40	4,74	4,37	0,37	0,02	Hiet-Hs

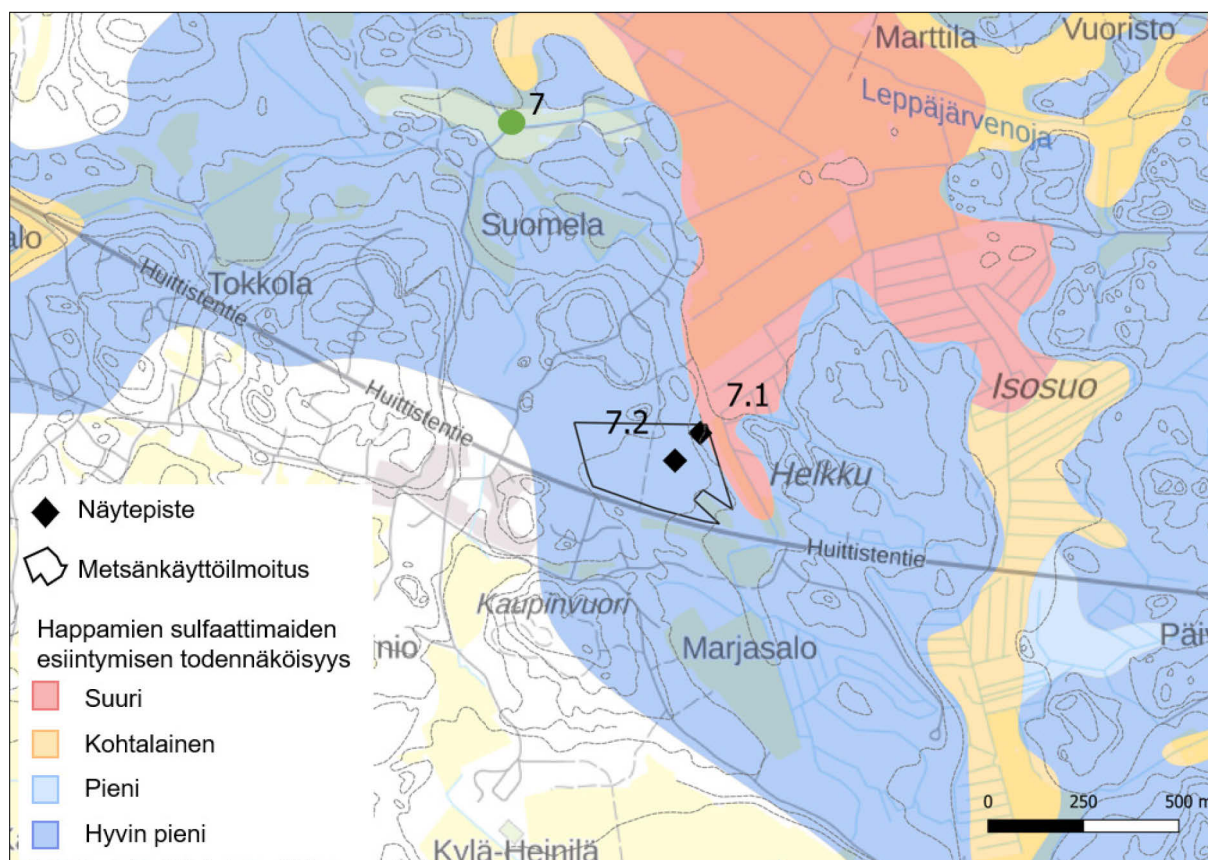


Kuva 8. Kuvion 3 (Lappi TI) kairausnäyte, jossa ei todettu hapanta sulfaattimaata. Kuva: Timo Silver, Suomen metsäkeskus.

3.2.2. Kuvio 7 Rauma

Rauman kuvio 7 oli kivistä mustikkatyyppin kangasta, jossa kivien seassa oli hiesusavea. Kuvio 7 rajoitui happamien sulfaattimaiden suuren esiintymisen todennäköisyysalueeseen, mutta kuvion alueella happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys oli pääosin hyvin pieni (kuva 9). Kuviolla ei ollut tehty maanpinnan käsittelyä. Kuvion 7 korkeusasema oli noin 20 m. Kuvion 7 etäisyys lähimpään GTK:n happamaksi sulfaattimaaksi todettuun, pellolla sijaitsevaan kartoituspisteeseen oli noin 2 400 m. Kartoituspisteen korkeusasema oli noin 17,5 m.

Hapanta sulfaattimaata ei pH-inkubaatioiden perusteella todettu kuvion 7 maanäytteissä (taulukko 7).



Kuva 9. Rauman kuvion 7 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Lähimmässä, n. 950 m etäisyydellä sijaitsevassa GTK:n kartoituspisteessä ei ole todettu hapanta sulfaattimaata (kartalla vihreä piste 7). Etäisyys lähimpään, kuviolta koilliseen sijaitsevaan happaman sulfaattimaan kartoituspisteeseen oli noin 2200 m (ei kartalla). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Taulukko 7. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Rauma (kuvio 7). Kohteiden maanäytteissä ei tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana 0,5 yksikön ylittävää pH:n laskua, eikä alkutilanteen pH (pH_0) täyttänyt happaman sulfaattimaan luokituksen rajaa. pH_{16} on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; $pH_{erotus} = pH_0 - pH_{16}$

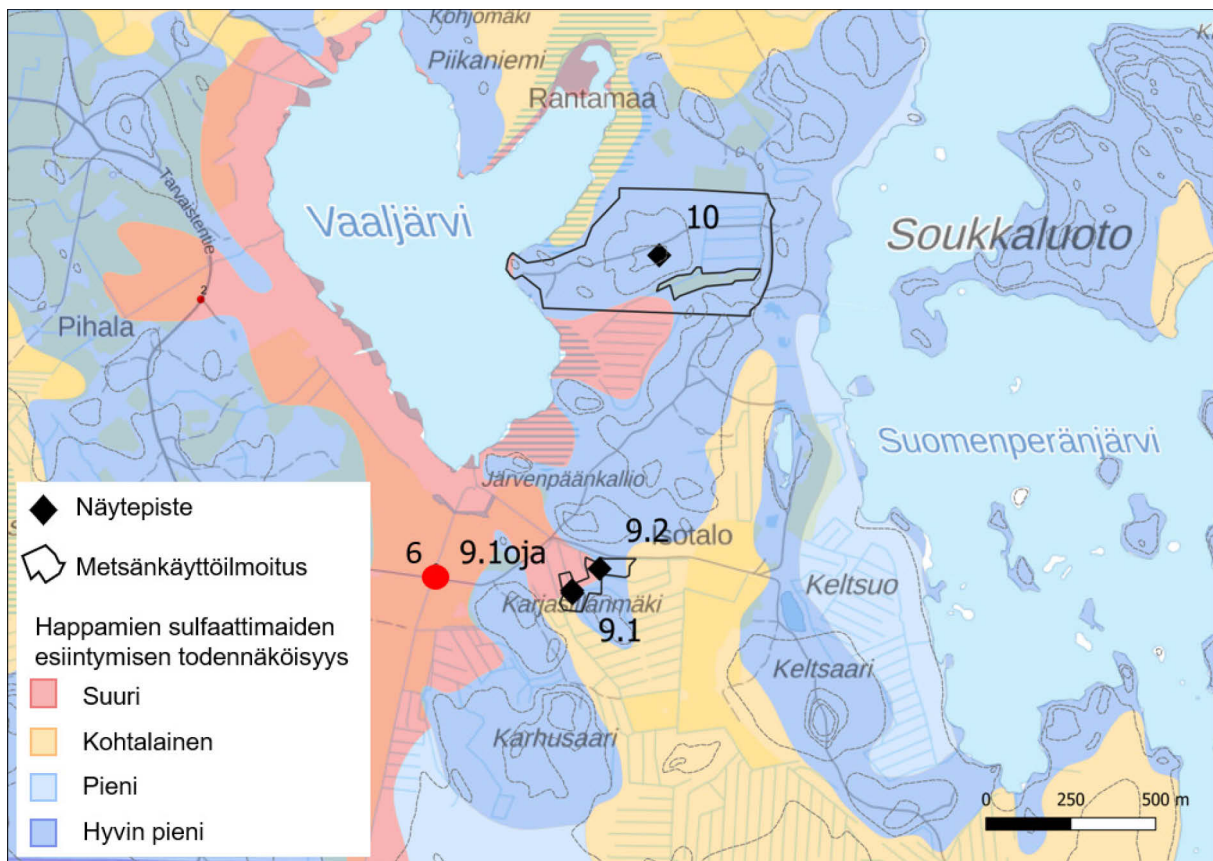
Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH_0	pH_{16}	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Rauma 7	7.1	0-10	4,77	4,24	0,53	0,01	Hs-Savi
Rauma 7	7.1	10-20	4,84	4,53	0,31	0,01	Hs-Savi
Rauma 7	7.1	20-30	4,95	4,38	0,57	0,01	Hs-Savi
Rauma 7	7.1	30-40	5,06	4,52	0,54	0,01	Hs-Savi
Rauma 7	7.2	0-10	4,07	4,10	-0,03	0,11	Turve
Rauma 7	7.2	10-20	4,69	4,61	0,08	0,02	Hs-Sa-T
Rauma 7	7.2	20-30	4,74	4,52	0,22	0,02	Hs-Sa-T
Rauma 7	7.2	30-40	4,89	4,75	0,14	0,02	Hs-Savi

3.2.3. Kuviot 9 ja 10 Eura

Euran kuvio 9 oli ohutturpeinen (turvetta noin 30 cm) turvemaakuvio (Rhtkg). Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys kuviolla 9 oli suuri, kohtalainen tai hyvin pieni (kuva 10). Kuviolla oli tehty laikkumätästys ja kuusen istutus. Kuvion 9 korkeusasema oli noin 45 m. Kuvion 9 etäisyys lähimpään GTK:n happamaksi sulfaattimaaksi todettuun pellolla sijaitsevaan kartoituspisteeseen, jonka korkeusasema oli myös noin 45 m, oli noin 400 m. Kuvion 9 maanäytteissä ei pH-inkubaation perusteella todettu hapanta sulfaattimaata (taulukko 8).

Näytepisteen 9.2 turveprofiilin 10–30 cm kerroksen pH-arvot laskivat kuitenkin voimakkaasti inkubaation kuluessa, mikä poikkeaa muiden turvenäytteiden tuloksista ja viittaa siihen, että näytteissä osa rikistä saattoi olla sulfidimuodossa. Muilla kuviolla turvenäytteiden pH-arvot eivät laskeneet inkubaation aikana.

Kuvio 10 sijaitsi pääosin hyvin pienen esiintymisen todennäköisyyden alueella (kuva 10). Siltä ei otettu lainkaan maanäytettä, koska kuvio oli kokonaisuudessaan rapakiveä ja kalliota (kuva 11).



Kuva 10. Euran kuvioiden 9 ja 10 sijainti suhteessa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyyteen. Kuviota 9 lähimmässä, n. 400 m etäisyydellä sijaitsevassa GTK:n kartoituspisteessä on todettu hapanta sulfaattimaata (kartalla punainen piste 6, alkamissyys ei tiedossa). Lähde: Maanmittauslaitoksen maastotietokanta (11/2019) ja GTK:n Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu (11/2019).

Taulukko 8. Maanäytteiden inkubointitulokset kohteella Eura (kuvio 9). Kohteiden maanäytteissä ei tapahtunut 16 viikon inkuboinnin aikana 0,5 yksikön ylittävää pH:n laskua, eikä alkutilanteen pH (pH_0) täyttänyt happaman sulfaattimaan luokituksen rajaa. pH_{16} on 16 viikon inkubaatiojakson päätyttyä mitattu pH-arvo; $pH_{\text{erotus}} = pH_0 - pH_{16}$

Kuvio	Näytepiste	Syvyys (cm)	pH_0	pH_{16}	pH erotus	Rikki (%)	Maalaji
Eura 9	9.1	0-10	3,92	3,67	0,25	0,16	Turve
Eura 9	9.1	10-20	3,75	3,71	0,04	0,21	Turve
Eura 9	9.1	20-30	4,01	3,61	0,40	0,20	Turve
Eura 9	9.1	30-40	4,44	4,20	0,24	0,01	Hk-Sora
Eura 9	oja 9.1	60 cm	5,35	5,27	0,08	0,01	Hk-Sora
Eura 9	9.2	0-10	3,85	3,80	0,05	0,23	Turve
Eura 9	9.2	10-20	4,35	3,89	0,46	0,22	Turve
Eura 9	9.2	20-30	5,26	3,83	1,43	0,28	Turve
Eura 9	9.2	30-40	5,79	5,42	0,37	0,07	Hs-Savi



Kuva 11. Kuvion 10 (Eura) karkeista rapakivilajitteista koostuvaa maaperää. Kuva: Timo Silver, Suomen metsäkeskus.

4. Tulosten tarkastelu

Tämän raportin tulokset osoittivat, että Lounais-Suomesta kerätyn aineiston perusteella GTK:n yleiskartoitusaineiston avulla voidaan arvioida suuntaa antavalla tarkkuudella happamien sulfaattimaiden esiintymistä metsätalousalueilla. Lounais-Suomen metsänkäyttöilmoitusten perusteella kartoitetuista yhdeksästä metsänuudistamisalasta kaikki kuviot sijaitsivat GTK:n kartoituksen perusteella alueella, jolla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys oli vähintään osassa metsäkuviota suuri. Suurimmalla osalla kuvioista oli toisaalta myös alueita, joilla esiintymisen todennäköisyys oli GTK:n kartoituksen perustella hyvin pieni. Analysoiduilta maanäytekohteilta yhdeksästä kuvioista viidellä todettiin hapanta sulfaattimaata. Osa happamiksi sulfaattimaiksi todetuista näytteistä osui hyvin pienen esiintymisen todennäköisyyden alueelle. Tarkkaa tietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ei siten voida karttatarkastelun perusteella saada. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen varmistamiseksi maastokäynti ja mahdollisen maanäytteen ottaminen metsänuudistusalueelta olisi tarpeellista.

Niemisen ym. (2016) mukaan happamien sulfaattimaiden esiintyminen on pienipiirteistä, eikä GTK:n yleiskartoituksen perusteella voida jättää kokonaan huomioimatta happamien sulfaattimaiden esiintymisen mahdollisuutta, vaikka se ei kartoitustiedon perusteella olisikaan todennäköistä. Myös GTK:n happamat sulfaattimaat-karttapalvelussa todetaan, että 1:250 000 mittakaavainen karttataso antaa yleiskuvan happamien sulfaattimaiden esiintymisestä valuma-aluekohtaisella tasolla, mutta aineisto ei sovellu suurimittakaavaiseen piste-/tilakohtaiseen tarkasteluun (GTK, 2019). Lounais-Suomen metsätalousalueilta kerätty aineisto tukee Niemisen ym. (2016) ja GTK:n näkemyksiä. Esiintymisen pienipiirteisyys havaittiin tässä aineistossa kuviolla 5, jossa vain toinen 50 m etäisyydellä kairatuista näytteistä täytti happaman sulfaattimaan kriteerit. Happamien sulfaattimaiden esiintymisriski tulee tämän aineiston perusteella ottaa metsätalouden toimenpiteitä suunnitellessa huomioon myös niillä alueilla, joilla esiintymisen todennäköisyys on kohtalaista pienempi. On kuitenkin todettava, että raportissa esitetty tarkasteluaineisto on suppea, ja antaa ainoastaan karkean yleiskuvan asiasta.

Tässä raportissa esitetyn, GTK:n yleiskartoituksen suuren esiintymisen todennäköisyysalueille painotuvan, aineiston perusteella voidaan havaita, että kuvion korkeusasemalla ja kuvion maalajilla on merkitystä arvioitaessa happamien sulfaattimaiden esiintymistä. Lounais-Suomessa happamia sulfaattimaita esiintyy yleensä vain alle 60 m korkeudella nykyisen merenpinnan tasosta, eli alempana kuin muinaisen Litorinameren ylin korkeustaso (Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2011). Osa tämän aineiston happamiksi sulfaattimaiksi todetuista näytepisteistä sijaitsi lähellä GTK:n happamaksi sulfaattimaaksi todettua tutkimus- tai kartoituspistettä. Lounais-Suomen tarkastelualueen kaikki GTK:n aineiston tutkimus- ja kartoituspisteet sijaitsivat peltoalueilla. Metsäkuviot esiintyvät yleensä peltoja ylempänä ja niiden maalaji on usein peltojen maalajia karkeampaa. Pelloiksi on raivattu lounaisessa Suomessa yleisesti kaikki raivaukseen soveltuva ala ja pellon reunasta alkava metsä on usein kivisempää, kallioisempaa ja maalajiltaan karkeampaa. Tyypillisimmin sulfidisedimentit ovat liejua tai hienorakeisia lajittuneita maalajeja, joiden kokonaisrikkipitoisuus on suurempi kuin 0,2 %. GTK:n happamien sulfaattimaiden kartoituksen yhteydessä kuitenkin myös vähärikkisiä (0,01-0,1 %) ja karkearakeisia (esim. hiekka) maalajeja on todettu esiintyvän happamilla sulfaattimailla melko laajasti (Mattbäck ym. 2017). Tämän aineiston perusteella todetut happamat sulfaattimaat sijaitsivat pellon kanssa samassa korkeusasemassa ja hienojakoisella maalajilla. Nykyisen GTK:n kartoitustiedon käyttökelpoisuus on suuntaa antava ajatellen kuviokohtaista metsätaloustoimenpiteiden suunnittelua. GTK:n aineiston kartoituspisteiden verkoston harvuus ja kartoituspisteiden painottuminen pelloille heikentää aineiston hyödyntämistä metsänuudistuskuviokohtaisessa tarkastelussa. Toimenpidetiedon läheisyydessä oleva havaintopiste voi viitata happaman sulfaattimaan esiintymisriskiin, mutta esiintymisen pienipiirteisyys heikentää tiedon yleistettävyyttä. GTK:n happamat sulfaattimaat kartta-aineiston hyödynnettävyyden lisäämiseksi olisi saatava lisää havaintopisteitä

myös metsämaalta ja havaintopisteiden verkoston tulisi olla huomattavasti tiheämpi, jotta kartta-aineistoa voitaisiin tehokkaasti hyödyntää käytännön metsätaloudessa.

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen arvioiminen käytännön metsätaloudessa olisi tärkeää sekä vesistöhaittojen että happamien sulfaattimaiden metsänuudistamiselle aiheuttamien ongelmien vuoksi. Happamilla sulfaattimailla taimien kasvu on merkittävästi hitaampaa ja taimien kuolleisuus suurempaa kuin muussa muokatussa metsämaassa (Kubin 1999). Hyvänä lähtökohtana happamien sulfaattimaiden riskien pienentämiseksi käytännön metsätaloudessa voidaan pitää sitä, että muinaisen Litorinameren alueella toimittaessa tiedostetaan aina sulfaattimaiden esiintymisen mahdollisuus ojien kunnostamista, metsänuudistamista ja siihen liittyvää maanmuokkausta suunniteltaessa ja toteutettaessa (Nieminen ym. 2016). Kuvioilla, joissa on todettu esiintyvän hapanta sulfaattimaata, tulisi metsänuudistuksen yhteydessä välttää ojitusmätästyksissä ojien pohjamaan käyttöä istutusmätäiksi, jotta taimikuolemia voitaisiin ehkäistä. Yleisesti happaman sulfaattimaan riskialueilla tulisi suosia korostetusti luontaista uudistamista ja kuusialikasvosten hyödyntämistä metsänuudistamisessa. Luontaisessa uudistamisessa tulisi mahdollisuuksien mukaan hyödyntää raudus- ja hieskoivua. Koivun karikkeella on maaperän pH:ta nostava vaikutus (Mikola 1985, Smolander & Kitunen 2002) ja koivikoiden alle syntyy usein luontaisesti kehityskelpoisia kuusialikasvoksia. HaSuMetsä-hankkeessa tutkitaan myös tuhkalannoituksen vaikutusta happamien valumavesien muodostumiseen ja metsänuudistamisen onnistumiseen. Tuhkalannoituksen seurantalokset julkaistaan vuoden 2020 loppuun mennessä.

Vesienhoidon suunnittelun yhteydessä pintavedet, joiden osalta hyvän ekologisen tai kemiallisen tilan tavoitetta ei ole saavutettu vuoteen 2015 mennessä on nimetty riskivesiksi, joiden ympäristötavoitteiden saavuttamisen aikataulu on asetettu poikkeavasti myöhemmäksi. Happamien sulfaattimaiden vaikutusten alaisten pintavesien tilatavoitteet on pääsääntöisesti pidennetty vuoteen 2027 kemiallisen hyvää huonomman tilan takia. Etenkin Pohjanmaan 60 metrin korkeuskäyrän alapuolella sijaitsevat jokivesistöt ovat ekologiselta ja kemialliselta tilaltaan hyvää huonommassa tilassa johtuen happamuuden ja metallien, kuten kadmiumin ja nikkelin, ympäristölaatu normien ylityksistä ja vaikutuksista kasvillisuudelle ja eliöstölle (Roos & Åström 2006, Vuori ym. 2009). Happamuus- ja raskasmetallikuormitus aiheuttavat haittoja paikallisille ja alueellisille pohjaeläin- ja kalakannoille (Lehtinen & Klingstedt 1983, Hudd 2000, Sutela ym. 2012).

Aiemmin on arvioitu, että happamilla sulfaattimailla toteutettujen metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama riski vesistöille olisi lounaisessa Suomessa suhteellisen pieni (mm. Silver & Tikander 2014). Samansuuntaisia tuloksia on raportoitu Pohjois-Pohjanmaalta Luohuan vesistöalueelta (Ndiaye 2007). On kuitenkin myös todettu, että maankaivua edellyttävät metsätaloustoimenpiteet happamilla sulfaattimailla voivat aiheuttaa valumavesien happamoitumista ja raskasmetallipitoisuuksien nousua (esim. Hannukkala ym. 2015, Hannila & Willner 2014, Nieminen ym. 2016). Tämän raportin paikalliset esiintymät osoittavat, että happamilla sulfaattimailla toteutettavien metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamien vesistöhaittojen riski on olemassa myös Lounais-Suomessa.

Vesistöjen varsilla sijaitsevien happamien sulfaattimaiden riskialueilla ojien kunnostamisessa ja maanmuokkauksessa on noudatettava varovaisuutta. Jos ojien kunnostusta ja maanmuokkausta tehdään, kaivussyvyys olisi pidettävä sulfidisedimentin yläpuolella turvekerroksessa. Ojitusalueiden kuivatustehoa voidaan tarvittaessa parantaa tavanomaista tiheämmin kaivettujen matalien täydennysojien avulla. Ojituksissa ja maanmuokkauksissa läjitetyt, kivennäismaata sisältävät kaivumassat sijoitetaan kauaksi ojista ja peitetään turpeella hapettumisen hidastamiseksi. Happamilla sulfaattimailla tulee välttää myös syviä vesiensuojelurakenteita. Niiden sijaan hyödynnetään kaivu- ja perkauskatkoja, pohja- ja putkipatoja ja pintavalutusta (Nieminen ym. 2016). Toimittaessa GTK:n kartta-aineiston alueella, jossa happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on suuri (yleensä yli 90 %) tai kohtalainen (n. 50 %), tulisi lähtökohtaisesti välttää etenkin laskuojien perkausta pelloilla. Ojien kun-

nostamisen yhteydessä metsävesien johtamiseksi on kuitenkin usein tarpeen syventää myös peltojen laskuojia. Mikäli pelto-ojien ja laskuojien perkaukset ovat välttämättömiä, happaman sulfaattimaan riskiä ja sulfidipitoisen kerroksen esiintymissyvyyttä tulisi arvioida vähintään kuvion lähellä sijaitsevien GTK:n tutkimus- tai kartoituspisteiden avulla, tai mahdollisuuksien mukaan todentamalla happaman sulfaattimaan esiintyminen maanäytteiden avulla. Parhaillaan kehitetään uusia kenttäkäyttöön soveltuvia happamien sulfaattimaiden tunnistusmenetelmiä, jotka mahdollistaisivat sulfaattimaiden luotettavan tunnistamisen nykyisiä menetelmiä nopeammin (Hadzic 2018, Ihme ym. 2019).

Metsänuudistamiseen liittyvien ojitusten ja maanmuokkausten suunnittelussa tulee pystyä jatkossa ottamaan paremmin huomioon happamien sulfaattimaiden esiintymismahdollisuus Litorinameren rannan rajaamalla alueella. Vesistöjen läheisyydessä laskuojien perkaus tulee ojien kunnostusten yhteydessä jättää tekemättä ja tinkiä kuivatuksen tehokkuudessa metsäalueella, mikäli maanäyte tai kohteessa oleva havaintopiste osoittaa syvennettävän laskuojan olevan hapanta sulfaattimaata. Happamien sulfaattimaiden esiintymisen riskialueilla toimiminen edellyttää sekä tarkempaa suunnittelua että tarkempaa toteutusta. Jos kivennäismaan paljastavien ojien kaivulta ei voida välttyä, tulee suunnittelussa pystyä huomioimaan sulfidikerrosten esiintymissyvyys ja mahdollisten laikkujen tarkempi sijainti, jotta voidaan mahdollisuuksien mukaan välttää kaivamista niillä alueilla. Sulfidikerroksia ei voida varmuudella tunnistaa ilman maanäytteen ottamista ja tarkempia määrittelyjä. Siten happamien sulfaattimaiden huomioon ottaminen edellyttää toimia myös metsätalouden kannustejärjestelmän kehittämistyössä. Tukea tulisi jatkossa pystyä suuntaamaan tarkempaan suunnitteluun, ja toisaalta panostaa myös mahdollisiin happamien sulfaattimaiden edellyttämiin erityisratkaisuihin, jotta happamien sulfaattimaiden metsänomistajat eivät jää eriarvoiseen asemaan suurempien suunnittelu- ja toteutuskustannusten vuoksi.

5. Viitteet

- Boman, A., Becher, M., Mattbäck, S., Sohlenius, G., Auri, J., Öhrling, C., Edén, P., 2018. Klassificering av sura sulfatjordar i Finland och Sverige (Version 1.2018). 8 s.
https://vimlavattenorg.files.wordpress.com/2018/07/klassificering_sura_sulfatjordar.pdf [30.10.2019].
- Creeper, N., Fitzpatrick, R., Shand, P. 2012. A simplified incubation method using chiptrays as incubation vessels to identify sulphidic materials in acid sulphate soils. Soil use and management. British Society of soil Science, 1- 7.
- Edén, P., Rankonen, E., Auri, J., Yli-Halla, M., Österholm, P., Beucher, A., Rosendahl, R. 2012. Definition and classification of Acid sulfate soils. Österholm, P., Yli-Halla, M. ja Edén, P. (toim.), Geologian tutkimuskeskus, Opas 56 – Geological Survey of Finland, Guide 56, 2012.
- GTK, 2019, verkkosivusto
http://www.gtk.fi/tietopalvelut/palvelukuvaukset/happamat_sulfaattimaat.html (ladattu 21.11.2019).
- Hadzic, M. 2018. Happamat sulfaattimaat ja niiden tunnistaminen. Esitelmä Vesistökunnostusverkoston vuosiseminaarissa 12-14.6.2018. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/Esitykset_vesistokunnostusverkoston_vuos\(47219\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesistokunnostusverkosto/Tapahtumat/Vuosiseminaarit/Vuosiseminaari_2018/Esitykset_vesistokunnostusverkoston_vuos(47219))
- Hadzic, M., Postila, H., Österholm, P., Nystrand, M., Pahkakangas, S., Karppinen, A., Arola, M., Nilivaara-Koskela, R., Häkkinen, K., Saukkoriipi, J., Kunnas, S., Ihme, R. 2014. Sulfaattimailla syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmät - SuHE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17/2014. Suomen Ympäristökeskuksen julkaisu 17/2014. 88 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/135520>.
- Hannila, J., Willner, M. 2014. Perhonjoen alaosan happamuuden hallinta (PAHA-hanke). PAHA-loppuseminaari Kokkola 30.10. 2014.
- Hannukkala, A., Hirvasniemi, H., Hökkä, H., Kouri, P., Liwata-Kenttälä, P. 2015. Happamat sulfaattimaat Perämerenkaaren alueella ja niiden haittojen ehkäiseminen maa- ja metsätaloudessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-138-9>
- Hudd, R. 2000. Springtime episodic acidification as a regulatory factor of estuary spawning fish recruitment. Julkaisussa: Verhandlungen. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 27(1), Vaasa, 42s.
- Ihme, R., Hadzic, M., Näykki, T., Sarkkinen, M., Väisänen, T., Visuri, M., Boman, A., Auri, J., Österholm, P., Nystrand, M. 2017-2020. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimailla - Tunnistus <https://www.syke.fi/hankkeet/tunnistus>
- Kubin, E. 1999. Maankohoamisrannikon sulfidisavimaiden metsittäminen. Julkaisussa: Karlsson, K. (toim.). Metsät Pohjanmaan rannikolla. Kustskog i Österbotten. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 723: 50–58.
- Lehtinen, K.J., Klingstedt, G. 1983. X-ray microanalysis in the scanning electron microscope on fish gills affected by acidic heavy metal containing industrial effluents. Aquatic Toxicology 3: 93–102.
- Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2011. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 2/2011. 26 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö 2018. Happaminen sulfaattimaiden aiheuttaminen haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2018:1. 48 s.
- Mattbäck, S., Boman, A., Österholm, P. 2017. Hydrogeochemical impact of coarse-grained post-glacial acid sulfate soil materials. Geoderma 308: 291-301.
- Mikola, P., 1985. The effect of tree species on the biological properties of forest soil. National Swedish Environmental Protection Board. Report 3017, 29 s.

- Nieminen T.M., Hökkä, H., Ihalainen, A., Finér, L. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2016. 40 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-190-7>
- Palko J., Räsänen, M., Alasaarela, E. 1985. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. Vesihallituksen tiedotus 260. Helsinki. 96 s.
- Pons, L.J. (1973) Outline of the genesis, characteristics, classification and improvement of acid sulphate soils. In 'Acid Sulphate Soils'. Proceedings of the International Symposium on Acid Sulphate Soils 13-20 August 1972, Wageningen, The Netherlands.
- Silver, T., Tikander, S. 2014. Lehmijärven valuma-alueen happamuus sekä alumiini - ja rikki-pitoisuus. Varsinais-Suomen ELY:n raportteja 33/2014. 19 s.
- Smolander, A., Kitunen, V. 2002. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. Soil Biology and Biochemistry: 34: 651-660.
- Sutela, T., Vuori, K.-M., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S.M., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P.J., Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen Ympäristö 14. 50 s.

Liite 1. Näytepisteiden koordinaatit (ETRS-TM35FIN), joilta kairattiin maanäytteet HaSuMetsä-hankkeessa.

Kuvio	Kuvion tunnus	Näytepiste	Pohjoinen (N)	Itä (E)
Lappi TI	1	1.1	6788319	218052
Lappi TI	1	1.1oja	6788318	218063
Lappi TI	1	1.2	6788378	218156
Lappi TI	2	2.1	6787273	219376
Lappi TI	3	3.1	6786762	220474
Lappi TI	4	4.1	6787764	217600
Kalanti	5	5.1	6756791	202261
Kalanti	5	5.2	6756834	202256
Rauma	6	6.1	6789785	212620
Rauma	6	6.2	6789849	212675
Rauma	6	6.3oja	6789876	212685
Rauma	7	7.1	6787395	213140
Rauma	7	7.2	6787323	213074
Eurajoki	8	8.1	6794357	210788
Eurajoki	8	8.2	6794301	210808
Eurajoki	8	8.3oja	6794407	210844
Eura	9	9.1	6762781	233333
Eura	9	9.1oja	6762789	233332
Eura	9	9.2	6762853	233413
Eura	10		6763776	233589



Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000